

快適な靴設計へのアプローチ — ヒール高の相違が下肢形状に及ぼす影響 —

嶋根歌子, 横森千佳

An approach to comfortable design of shoes — Relation between heel heights and lower leg shape —

Utako SHIMANE and Tika YOKOMORI

これまで足の健康を考え、足部の形態及び足底圧分布、成人の歩き方の特徴や個人差を明らかにしてきた^{1), 2)}。しかし近年、冬季、足をぴったりと包み、脚を長く見せるヒールの高いブーツがファッションとして用いられることで、「ブーツが足に合わない」という問題が生じている。そこで、本研究では、足に合い、快適に歩く道具としてのブーツを作るためには、どのような点を考えて作るべきなのかを検討するために、健康な女子大学生11名を被験者として、ヒール高を変化させた時の足部・下腿部の形態計測を行った。その結果を以下に要約する。

- (1) 足の長い人ほど足囲、足幅、下腿最小囲、下腿最大囲が大きい、母趾角度、小趾角度、扁平率は独立した項目である。
- (2) いずれのヒール高においても下腿最大囲は前後幅が広い形状である。
- (3) 下腿形状の曲率、突出角度、後ろ中心実長間には相関が認められない。
- (4) 後中心線上で下腿最小囲から最大囲突出点に向けての傾斜角度はヒール高が高くなると前傾姿勢に近づくことにより小さくなる。
- (5) 下腿部水平断面図から、腓腹筋はヒール高 0 cm ではやや外側、4 cm では内側と外側両方をほぼ均等に、7 cm では内側を使い立位姿勢を維持する傾向にある。

キーワード：冬季用ブーツ、下腿部断面形状、ヒール高、三次元計測

1. 目的

近年、女性のファッションの1つとして、冬季、脚を長く見せるヒールの高いブーツを着用する例が増えている。足長、足囲、履き口まわり、足首まわり、ブーツの長さ、ヒールの

高さが表示されているが、「ブーツが足に合わない」という声をよく聞く。ブーツの設計において、足に適合し、快適に歩く道具として、足や下腿のサイズや形状特性は重要な因子である。そこで、身体適合性の向上をめざして、ヒール高を変化させた時の足部および下腿部の形状計測を行い、ヒール高と形状との関係を個体ごとに明らかにすることを目的とした。

2. 方法

1) 被験者

被験者は、21～22歳の健康な女子大学生11名で、測定開始前に文書および口頭で測定内容と測定データ使用について説明し、承諾書によって測定とデータ使用の承諾を得た。被験者の基礎的な体型は、身長計、マルチ周波数体組成計（TANITA製、MC190）を用いて、身長、体重、推定骨量、全身の筋肉量、部位別筋肉量、筋肉量左右バランス、脚部筋肉量点数を計測した。身長は平均156cm（SD6.5）、全身の筋肉量は平均34.3kg（SD4.3）、下肢筋肉量は平均14kg（SD1.8）であり、やや身長が低い傾向にあるが、筋肉量は、ほぼ平均ゾーンに入っていた。

2) 下肢形状の計測

① 裸足〔右足〕での計測

基本的な足の特徴を把握するために、立位時のフットプリントによる足型採取、メジャーによる自然状態の足囲および快適な締め付け寸法、下腿最小囲、下腿最大囲、杆状計による扁平率の計測を行った。

② ヒール高0、4および7cmでの石膏包帯法による下腿部形状の採取および三次元計測

ロングブーツの適合性を検討するためには、足部に加え足首より上の下腿部の特徴を把握する必要がある。そこで、ヒール高0cm（裸足）、市販のヒール4cm（底面積 16cm^2 ）、7cm（底面積 4.5cm^2 ）をつけた靴底の上に両足で立位し、右下腿最小囲、最大囲およびその中間



図1. 石膏包帯法による下腿部形状の採取



図2. 3次元計測機(左) および回転台(右)

(以下、下腿1/2囲と略す)を体表上に印した後、石膏包帯を貼付し下腿部形状を採取した。実験風景を図1に示した。ヒールの底面積は異なるものの身体の重心がヒールの中心にかかっていることを確認した。

石膏像は、完全に乾燥した後、非接触3次元デジタイザ (KONIKA MINOLTA製 VIVID 9i) を用いて画像を採取した (図2)。得られたデータから、Polygon Editing Tool を用い、各断面図、前後径および内外径寸法、曲率の算出を行った。同時に、石膏像上で、下腿最大囲突出角度、後ろ中心実長の計測を行った。なお、石膏包帯法を用いた理由は、直接撮影では、被験者自身の上体や反対足の影響を受けることを避けるため、右足を中心に計測を行ったのは、筋肉量が11名中10名が右足側に傾いていたことおよび被験者の負担を軽くするためである。

3. 結果と考察

1) 各測定値間の相関

SPSSを使い、裸足時右足の足長、足囲、足幅、母趾角、小趾角、下腿最大囲、下腿最小囲、

表1 ヒール高0cmの場合の相関行列

	足長 (cm)	足囲 (cm)	足幅 (cm)	母趾角 (°)	小趾角 (°)	下腿 最大囲 (cm)	下腿 最小囲 (cm)	扁平率 (%)
足長		0.776	0.617	-0.358	-0.298	0.697	0.621	-0.199
足囲	0.776		0.748	-0.035	-0.188	0.580	0.720	-0.329
足幅	0.617	0.748		0.261	-0.294	0.467	0.619	-0.083
母趾角	-0.358	-0.035	0.261		0.461	0.109	0.232	0.218
小趾角	-0.298	-0.188	-0.294	0.461		-0.127	-0.219	-0.137
下腿最大囲	0.697	0.580	0.467	0.109	-0.127		0.897	0.235
下腿最小囲	0.621	0.720	0.619	0.232	0.219	0.897		0.069
扁平率	-0.199	-0.329	-0.083	0.218	-0.137	0.235	0.069	

0.84>r>0.60

r>0.85

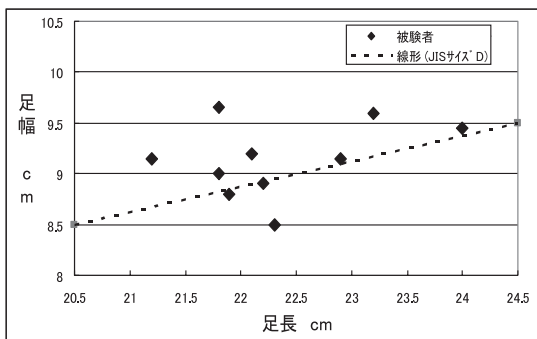


図3. 足長と足幅の個人差 (ヒール高0cm)

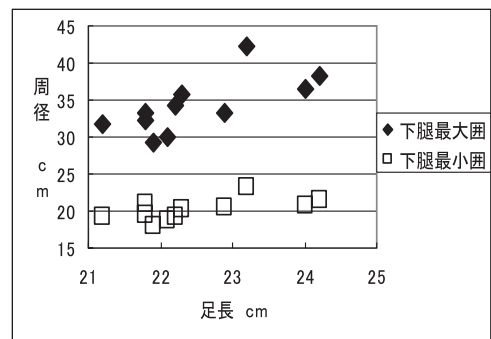


図4. 足長と下腿周径の個人差 (ヒール高0cm)

扁平率間の相関を求めた。表1は相関行列を示したものである。足長と足囲・足幅・下腿最大囲・下腿最小囲間、および、足囲と足長・足幅・下腿最小囲間で0.6～0.7、下腿最大囲は、下腿最小囲と0.89の高い相関が見られた。しかし、母趾角、小趾角、扁平率においては、他との相関は見られなかった。この結果から、今回の被験者は、足長の長い人ほど足囲、足幅、下腿最大囲、下腿最小囲が大きい傾向にあるが、母趾角度、小趾角度、扁平率との相関は認められなかった。図3は足の横アーチを形成し、歩行時の靴の適合性を左右する足幅と足長の分布を見たものである。11名中8名はJISサイズDの標準より足幅が広い傾向が見られたが、一方2名はイコールライン上、1名は足囲が中間に位置するが足幅が狭く、甲が高い傾向が認められた。図4はブーツの適合性に関わる下腿最小囲と下腿最大囲の分布を示した。下腿最小囲と下腿最大囲の対比は一定ではなく個人差が大きかった。ブーツで使用されているサイズ表と比較すると、今回の被験者は下腿最小囲が細く、最大囲がやや太い傾向にあった。下腿最小囲の平均20.16cm (SD1.43)、最大囲の平均34.27cm (SD3.8)、その差の平均14.1cm (SD2.59)、最大囲までの高さの平均26.5cm (SD1.8) であり、単に足長でのサイズだけでは、ロングブーツを足に合わせることは難しい。

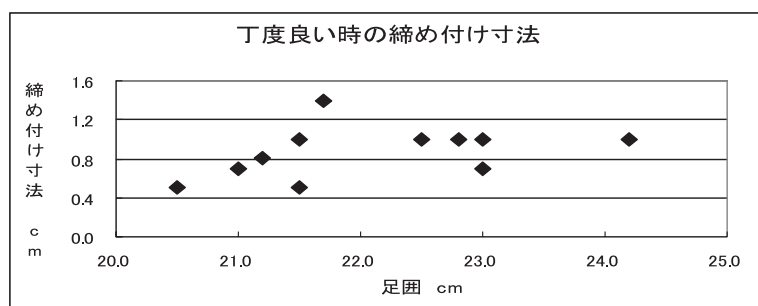


図5. 丁度良い時の締め付け寸法(ヒール高0cm)

2) 足囲と締め付け寸法

ボールジョイント部の締め付けが丁度良いと感じた時の分布を図5に示した。現在の靴製作において、ボールジョイント(足囲)の締め付けは1cmが適当であるとされている。足囲22.5cm以上の被験者5名中、4名は、締め付け寸法1cmが適当であるとし、残り1名も、1cmに近いという結果であった。しかし、足囲22.5cm未満の被験者6名に関しては、締め付け寸法1cmが適当であるとした被験者が1名、1cm未満が適当であるとした被験者が4名、1cm以上が適当であるとした被験者が1名と、個人差が大きく、締め付けに関しても個人差の考慮が必要であると言える。

3) ヒール高さの違いによる下腿形状の特徴

①下腿部側面形状

図6は、被験者11のヒール高と下腿部側面形状の関係を示したものである。白線は、石膏像採取時に床面から水平に印したものであるが、この図からは、傾斜していたことが明らかとなった。このことから、後ろ中心線を基準として側面形状を検討した。底面(踵)から下腿最大囲までの後ろ中心実長は、ヒール高0cmが最も長く、ヒール高が高くなる程僅少ではあるが短くなる傾向にあった(図7)。一方、大腿最小囲から最大囲に向けての突出点での角度の変化は、変化の度合いに個人差はあるものの、ヒール高が高くなる程角度は減少し、前傾姿勢になることが明らかとなった(図8)。

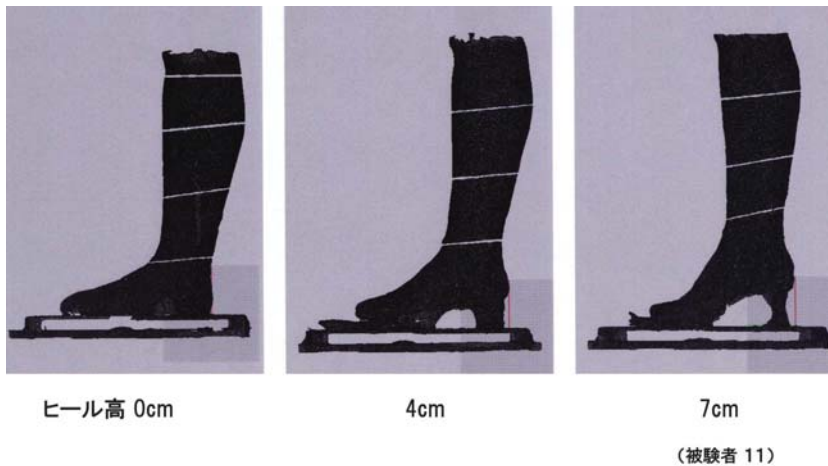


図6. ヒール高と下腿部側面形状の関係 (被験者11)

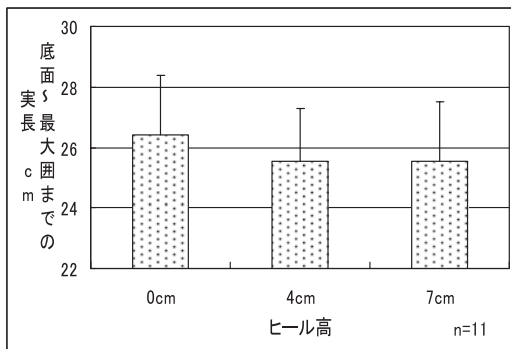


図7. 底面(踵)から下腿最大囲(図6参照)までの実長

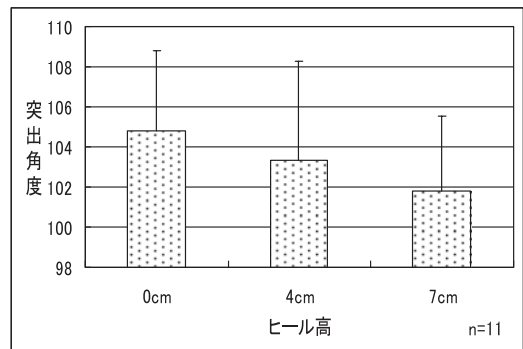


図8. 下腿最大囲(図6参照)における突出角度

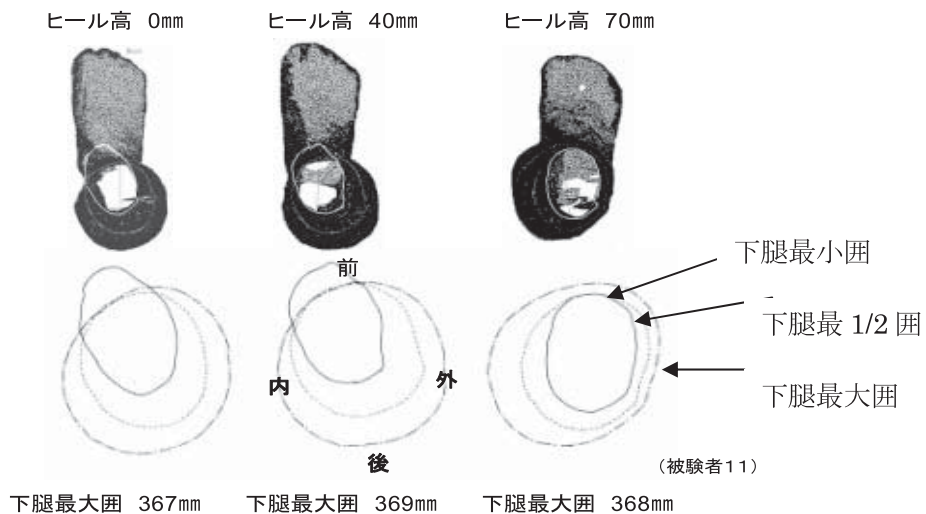


図9. 下腿部フロント面と下腿部水平断面形状 (被験者no.11)

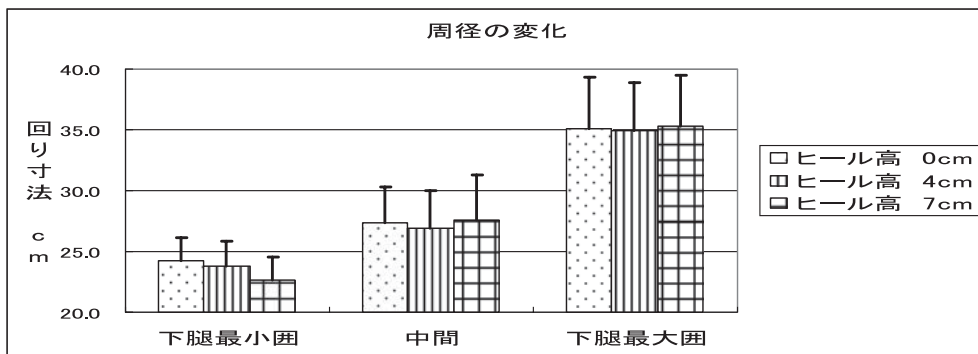


図10. 下腿部周径の変化

②下腿部水平断面形状

図9は被験者11のヒール高と下腿部水平断面形状との関係を示したものである。いずれの高さにおいても下腿最大囲は内外幅より前後幅が広い形状であり、下腿最大囲周径はヒール高による変化が僅少であり、他の被験者においても、ほとんどサイズがかわらないことが明らかとなった (図10)。腓腹筋の張り出しによる形状変化は、ヒール高0cmでは下腿後部外側に、4cmは内側と外側の両方がほぼ均等となり、7cmでは内側に大きく張り出し、内側の腓腹筋が使われていることが観察された。このことから、ブーツの形状決定に当たっては、円よりも前後幅が長い楕円形とした方が下肢に適合することがわかった。図11は右足筋肉量の少ない者から順に並べ、ヒール高と下腿部形状の関係を見たものである。先の被験者

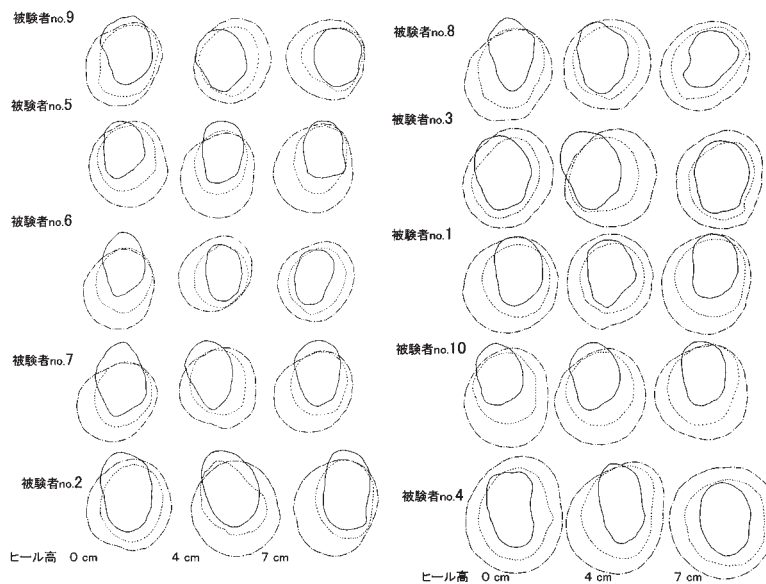


図11. 下腿部水平断面重合図

no.11の結果と同様の傾向であるものの、痩せて筋肉量の少ない周径の小さい者は、7 cmでの内側の腓腹筋の張り出しが顕著であった。一方、周径の大きな者では、ヒール高の影響が形状には表れにくかった。

以上のように、下腿形状は個人差が大きく、下腿最大囲と下腿最小囲との寸法差も様々で、単に足長のサイズだけでは、ロングブーツを足に合わせることは難しいと言え、「合うロングブーツがない」という人の問題はここにある。消費者が足に合ったブーツの選択ができるようなきめ細かなサイズ表示や快適な靴の設計が望まれる。

謝辞

身長計、マルチ周波数体組成計の借用、さらに、計測法、結果の指導、計測の手助けをしていただきました和洋女子大学保健室校医村田光範先生、今井ミツ子様に深謝いたします。

引用文献

- 1) 嶋根歌子・長谷川寛子：「高校指定靴の適合性」、和洋女子大学紀要（家政系編），34、95-108（1994）
- 2) 嶋根歌子・岡田安由美：「女子大学生の歩行特性 ―ビデオ記録による観察―」、和洋女子大学紀要（家政系編），36、91-99（1996）

